

生 物

I 以下の問いに答えよ。

問 1 生体内には様々なタンパク質があり、その機能やはたらく場所は多様である。動物の細胞内で酵素としてはたらくタンパク質を①～⑥から1つ選べ。

- ① アクアポリン ② アミラーゼ ③ RNA ポリメラーゼ
④ インスリン ⑤ トリプシン ⑥ ミオグロビン

問 2 古生代から中生代に起きたこととして最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① 石炭紀に両生類が繁栄した。
② 白亜紀に哺乳類が出現した。
③ シルル紀に三葉虫類が出現した。
④ ジュラ紀にアンモナイトが絶滅した。
⑤ カンブリア紀に海でサンゴが繁栄した。

問 3 ソバとヤエナリを同じ畑に混植すると、ソバはヤエナリの上に覆いかぶさりヤエナリが衰退する。この時、ソバとヤエナリはどのような関係にあるか、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。

- ① 寄 生 ② 種間競争 ③ 相利共生
④ 被食と捕食 ⑤ 片利共生

問 4 大腸菌の遺伝子発現に当てはまる記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

-
- ① 調節タンパク質が遺伝子の転写を抑制または促進する。
② mRNA は核膜孔より核外に輸送されてから翻訳される。
③ クロマチン繊維の構造が緩んでいない場合は転写の効率が良くない。
④ 選択的スプライシングによって異なる塩基配列を持つ数種類の mRNA が合成される。

問 5 脊椎動物のニューロンに関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。 オ

- ① 活動電位は、興奮部分で細胞内に K^+ が流入することにより生じる。
- ② 軸索の直径が同じ場合、有髄神経では無髄神経と比べて興奮伝導の速度が遅い。
- ③ アセチルコリンなどの神経伝達物質は樹状突起から次の神経細胞へと放出される。
- ④ 静止状態の神経細胞では、 Na^+ は能動輸送によって細胞の外側に排出されている。

問 6 遺伝子型が Aa の被子植物があるとする。この被子植物の胚のう母細胞から生じた反足細胞の1つの遺伝子型が A であった場合、同じ胚のうに含まれる2つの極核の遺伝子型の組み合わせとして最も適切なものを①～⑦から1つ選べ。 カ

- ① A と A ② a と a ③ A と a ④ AA と AA
- ⑤ Aa と Aa ⑥ aa と aa ⑦ AA と aa

問 7 二重の生体膜を持つ細胞小器官として最も適切なものを①～⑥から2つ選べ。 キ

- ① 核 ② ゴルジ体 ③ 粗面小胞体
- ④ 中心体 ⑤ ミトコンドリア ⑥ リソソーム

問 8 ヒトにおいて副交感神経の支配を受けない器官や部位として最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 ク

- ① 胃 ② 気管支 ③ 心臓 ④ すい臓 ⑤ 立毛筋

問 9 哺乳類に関する記述として正しくないものを①～⑤から1つ選べ。 ケ

- ① 羊膜類である。
- ② 三胚葉動物である。
- ③ 発生過程で脊椎を形成する。
- ④ 発生過程で脊索を形成する。
- ⑤ 発生過程で形成される原口が口になる。

問10 相同器官に関する記述として最も適切なものを①～④から1つ選べ。

コ

- ① 外部構造が似ている。
- ② はたらきが同じである。
- ③ 発生起源が同じである。
- ④ 大きさがほぼ同じである。

問11 植物ホルモンに関する記述として最も適切なものを①～⑤より1つ選べ。

サ

- ① アブシシン酸は茎の成長を促進する。
- ② ジベレリンは種子の発芽を抑制する。
- ③ フロリゲン花芽への分化を抑制する。
- ④ エチレンは果実の成熟や落葉を抑制する。
- ⑤ サイトカイニン側芽の成長を促進する。

II 以下の問いに答えよ。

問 1 図1は成人における循環系を模式的に示している。四角は器官(臓器)を、太い実線は血管を、また、血管に平行な矢印は血液が流れる向きをそれぞれ示している。

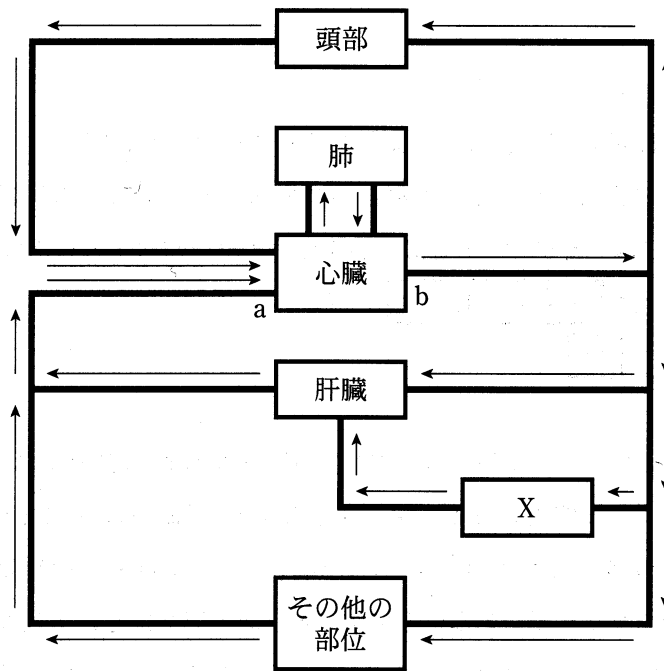


図 1

(1) 図1のXにあてはまる器官(臓器)として適切なものを①~⑤から2つ選べ。 ア

- ① 胃 ② 胸腺 ③ 小腸 ④ 腎臓 ⑤ 副腎

(2) 図1の血管aとbがつながっている心臓の部位として適切なものを①~④からそれぞれ1つ選べ。

血管a イ

血管b ウ

- ① 右心室 ② 右心房 ③ 左心室 ④ 左心房

問 2 表 1 は、ある湖における 1 年間の生産者の成長量、呼吸量、被食量、枯死量を示す。

成長量	呼吸量	被食量	枯死量
1170	490	260	80

単位 J/cm²

表 1

- (1) この湖には年間 500 kJ/cm² の太陽エネルギーが注がれていた。この時の生産者のエネルギー効率を答えよ。ただし、生産者のエネルギー効率は「(総生産量/注がれた太陽エネルギー) × 100(%)」とする。解答は、小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。例えば、値が 12.34 の場合は . とせよ。値が 1.23 の場合 . とせよ。

. %

- (2) この湖において、一次消費者のエネルギー効率が生産者のエネルギー効率の 30 倍であったとすると、1 年間における一次消費者の不消化排出量は何 J/cm² となるか答えよ。ただし、一次消費者のエネルギー効率は「(同化量/生産者の総生産量) × 100(%)」とする。また、生産者のエネルギー効率は(1)で求めた小数点第 2 位を四捨五入した値を用いること。解答は、小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。例えば、値が 12.34 の場合は

. とせよ。値が 1.23 の場合 . とせよ。

. J/cm²

問 3 図 2 は、生態系における炭素と窒素の循環経路を模式的に表している。黒矢印は炭素の、破線矢印は窒素の経路を示す。

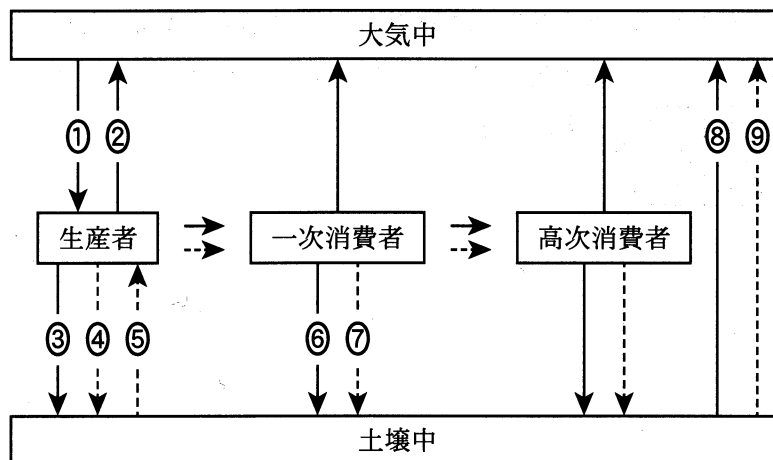


図 2

(1) 図 2 では、ある主要な経路が欠けている。この経路を説明する記述として最も適切なものを A 群の①～⑥から 1 つ選べ。また、この経路に関与する生物として最も適切なものを B 群の①～⑤から 1 つ選べ。

A 群 B 群

[A 群]

- ① 窒素循環のうち、大気中から土壌中への経路
- ② 窒素循環のうち、大気中から生産者への経路
- ③ 窒素循環のうち、生産者から大気中への経路
- ④ 炭素循環のうち、大気中から土壌中への経路
- ⑤ 炭素循環のうち、土壌中から生産者への経路
- ⑥ 炭素循環のうち、大気中から高次消費者への経路

[B 群]

- ① アゾトバクター
- ② 酵母
- ③ ゼニゴケ
- ④ 大腸菌
- ⑤ マメ科植物

(2) 光合成、脱窒、窒素同化に関わる経路を、図中の矢印①～⑨からそれぞれ 1 つ選べ。

光合成： 脱窒： 窒素同化：

問 4 ある植物に硝酸イオンを与えると、その 62 % が根から吸収され、その中に含まれる窒素の 80 % がタンパク質中に取り込まれる。この植物における窒素源が与えられた硝酸イオンのみであるとした場合、この植物が 20 g のタンパク質を合成するためには、何 g の硝酸イオンを与える必要があるか。小数点第 2 位を四捨五入した値で答えよ。ただし、タンパク質の平均窒素含量は 16 % とし、原子量は $H = 1$, $N = 14$, $O = 16$ とする。たとえば、答えが 10.0 g の場合 . とせよ。値が 1.23 の場合 . とせよ。
 . g

問 5 図3の曲線 a—b—c は明るい部屋から急に暗い部屋に移動した後のヒト網膜の感度変化を模式的に示している。

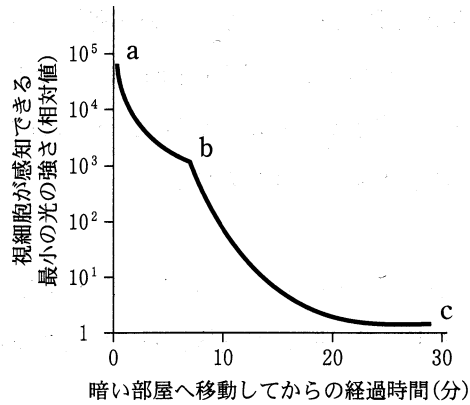
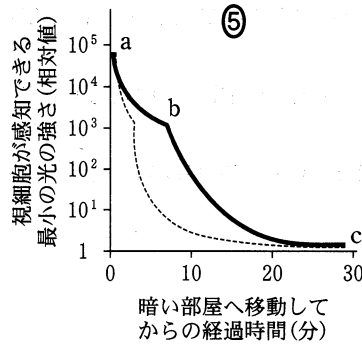
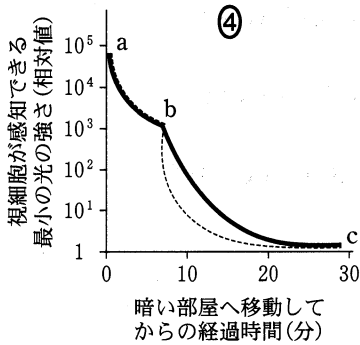
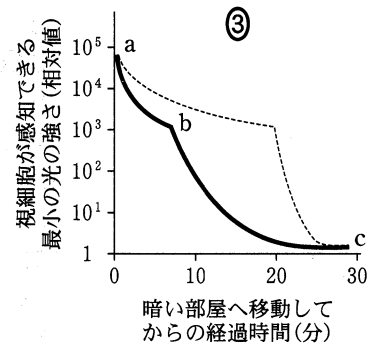
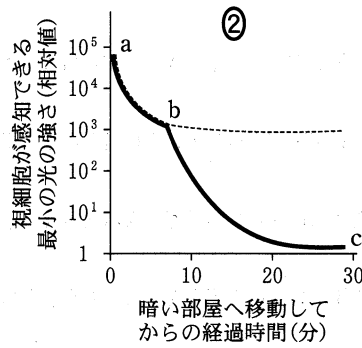
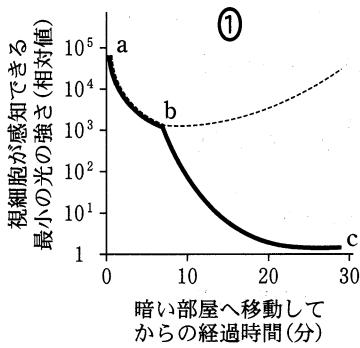


図 3

ビタミン A は視覚にとって重要である。体内のビタミン A が慢性的に不足する場合、明るい部屋から急に暗い部屋に移動した後、ヒト網膜の感度はどのように変化すると考えられるか、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。ただし、実線は図3と同じ曲線を示し、破線はビタミン A が慢性的に不足した時の感度変化を模式的に示しているとする。

ツ



Ⅲ 以下のA, Bの文章を読み、問いに答えよ。

A 図1はメダカのX遺伝子の塩基配列の一部である。X遺伝子座のある劣性対立遺伝子では、113番目の塩基がCからAに置換している。この劣性対立遺伝子のホモ接合体は免疫力が弱く、飼育が困難である。そのため、この対立遺伝子は、ヘテロ接合体の雌雄を交配することにより維持されている。系統を維持するために、毎世代、得られた稚魚の中からヘテロ接合体を選び出す必要がある。この方法を手順1～4に示す。

手順1：稚魚のヒレから最小片を切り出し、DNAを抽出する。

手順2：抽出したDNAを用いて、図1の塩基配列に相当する領域を含むDNAをPCR法により増幅する。

手順3：得られたDNAを制限酵素MseIで切断する。MseIはDNA鎖の5'-TTAA-3'を認識し、5'-T-3'と5'-TAA-3'の間で切断する。

手順4：手順3で切断したDNAを電気泳動し、DNA断片の大きさを調べる。

```
1
5'-CAACGACACATGTACCTCAGGAACTTGGAA
31
AGATCATGGATTCTGAAACCTTTGAGAAGT
61
CACGTCTTTATCAGCTCGATAAAAGCAACT
91
TCAGCTTTTGGTCTGGACTTTACTCGGAGA
113
↓
121
CGGAAGGAACGGTGAGAGACTCAATAGTCG
151
CCATTTCTGTTAATATAAGTGTCAAATTGT
181
TCACGAAGTGATGCTCATCTATCGAAACAT
211
TTTCAGCTGATCCTGCTGCTGGGTGGAATC
241
CCATTTCTGTGGGACATCGCTGGGTCTCTA-3'
```

図1

問 1 図 1 の塩基配列全体を PCR 法で増幅するとき、使用するプライマーとして適切なものを

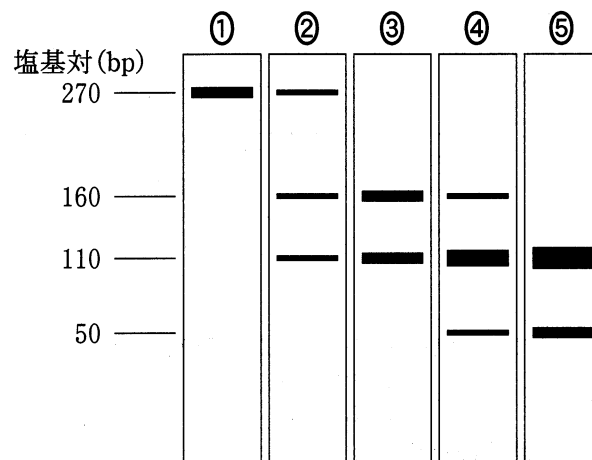
①～⑧から 2 つ選べ。 ア

- ① 5'-ATCTCTGGGTCGCTACAG-3'
- ② 5'-CTGTAGCGACCCAGAGAT-3'
- ③ 5'-GACATCGCTGGGTCTCTA-3'
- ④ 5'-TAGAGACCCAGCGATGTC-3'
- ⑤ 5'-CAACGACACATGTACCTCAG-3'
- ⑥ 5'-CTGAGGTACATGTGTCGTTG-3'
- ⑦ 5'-GACTCCATGTACACAGCAAC-3'
- ⑧ 5'-GTTGCTGTGTACATGGAGTC-3'

問 2 この劣性対立遺伝子のヘテロ接合体とホモ接合体を示す電気泳動の結果として、最も適切なものを下図の①～⑤からそれぞれ 1 つ選べ。なお、PCR による新たな変異は生じず、また、PCR 法により得られた DNA は制限酵素で完全に切断されたものとする。

ヘテロ接合体 イ

ホモ接合体 ウ



手順2ののち、ある蛍光試薬を用いた以下の反応を行うことにより、ヘテロ接合体を選び出すこともできる。この試薬に含まれる蛍光色素は、二本鎖DNAと特異的に結合して蛍光を発するが、一本鎖DNAには結合せず、蛍光も発しない。

手順3'：一定量のPCRの反応産物に一定量の蛍光試薬を加え、攪拌する。

手順4'：手順3'で調製した溶液を95℃で30秒間加熱したのち、25℃に下げ3分間待つ。

手順5'：手順4'で調製した溶液の蛍光の強さを測定しながら、溶液の温度を25℃から95℃まで徐々に上昇させ、温度と蛍光の強さの関係を調べる。

図2は、手順5'のうち、溶液の温度が72℃から81℃の間の蛍光の強さを示す。Aは正常なX遺伝子のホモ接合体または劣性対立遺伝子のホモ接合体を用いた時の結果であり、Bは正常なX遺伝子と劣性対立遺伝子のヘテロ接合体を用いた時の結果である。

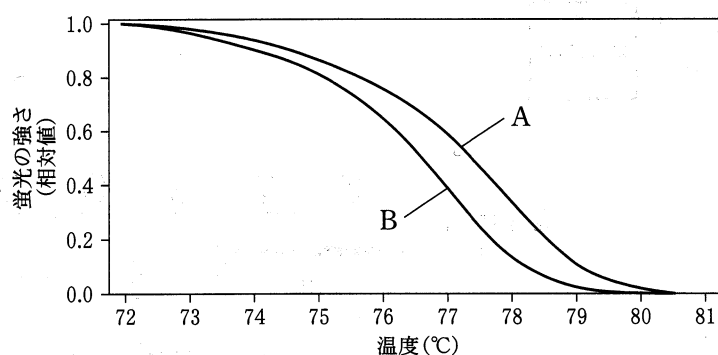


図2

問3 図2のA、Bにおいて温度上昇にともない蛍光の強さが減少した理由として、最も適切な

ものを①～⑤から1つ選べ。

エ

- ① プライマーの消費のため。
- ② DNAヘリカーゼの作用のため。
- ③ DNAポリメラーゼの消費のため。
- ④ 塩基対の結合が水素結合であるため。
- ⑤ ヌクレオチド同士の結合が共有結合であるため。

問 4 蛍光の強さが A よりも B で小さくなった理由として最も適切なものを①～⑥から 1 つ選
べ。

- ① 一部の二本鎖 DNA に相補的でない塩基対が含まれるため。
- ② 全ての二本鎖 DNA に相補的でない塩基対が含まれるため。
- ③ 一部の二本鎖 DNA がすみやかにヌクレオチドに分解されるため。
- ④ 全ての二本鎖 DNA がすみやかにヌクレオチドに分解されるため。
- ⑤ 一部の DNA 鎖に DNA ポリメラーゼが結合できず、短い長さの二本鎖 DNA を含むた
め。
- ⑥ 一部の DNA 鎖に DNA ポリメラーゼが結合できず、全ての二本鎖 DNA の長さが異な
るため。

B 筋の長さ(筋長)と筋力の関係を調べるために、ウシガエルのふくらはぎの筋(腓腹筋)を用いて2つの実験を行った。図3は実験装置の模式図である。筋の両端を糸で縛り、片端の糸は金属棒に固定した。もう片端の糸は筋の張力を計測できるセンサーに結びつけた。固定用の金属棒は筋長を変えて張力を記録できるように、その位置を任意に変えることができる。なお、棒の位置を変更した際にはかならず棒は固定され、筋収縮が生じてもその位置は変化しない。

実験1：筋を生体長(L_0)から伸張し、いくつかの筋長での張力を計測し、結果を図4の破線に示した。この張力を静止張力と呼ぶ。なお、生体長とは無負荷時における筋長と定義する。

実験2：実験1で計測したいくつかの筋長と、生体長から短くしたいくつかの筋長において、瞬間的な電気刺激を行い、各筋長における最大の張力を計測した。図4の実線はその結果を示す。なお、筋収縮によって発揮される張力を収縮張力と呼ぶ。

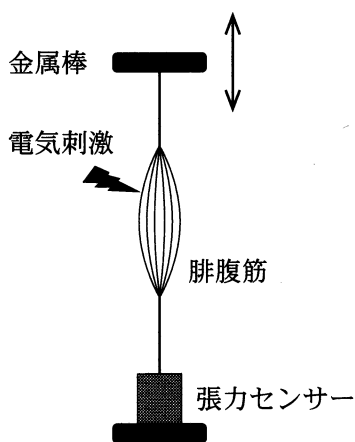


図3

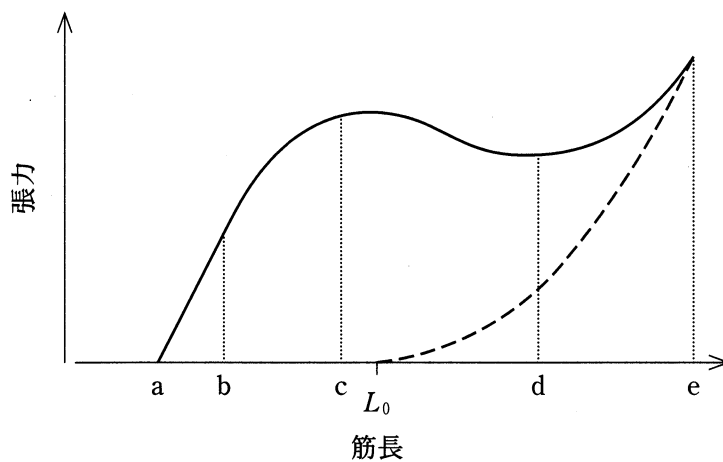


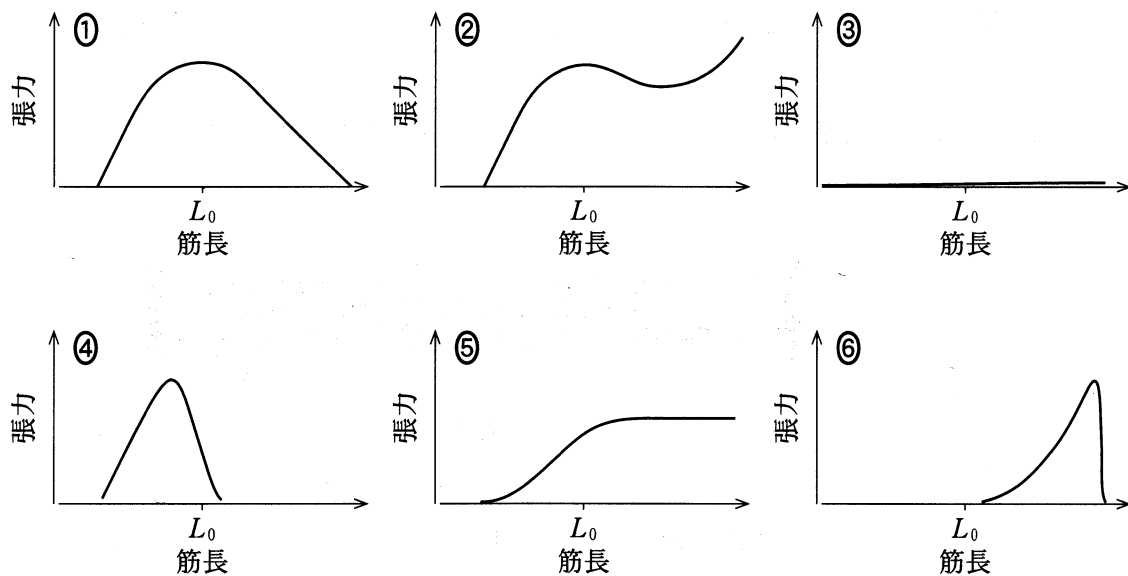
図4

問5 実験1で計測された静止張力の発生要因として最も適当なものを①～④から1つ選べ。

力

- ① 筋や腱の組織の弾性に由来する張力
- ② 脊髓反射(伸張反射)に由来する張力
- ③ 筋小胞体からの Ca^{2+} の放出に由来する張力
- ④ 運動神経終末部からの神経伝達物質の放出に由来する張力

問 6 図4の筋長eでは、破線と実線で示す張力の値がほぼ同じになっている。このことを考慮に入れ、筋収縮によって発揮された収縮張力と筋長の関係を示した曲線として最も適切なものを①～⑥から1つ選べ。 キ



問 7 図5は、ある筋長において、瞬間的な電気刺激(矢印)を行った際に得られる単収縮の張力曲線である。

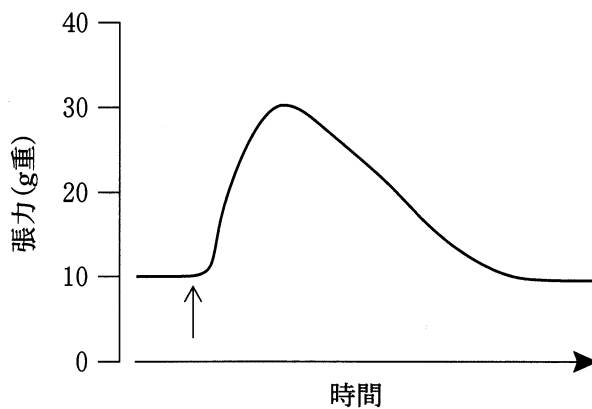


図5

(1) このときの筋長は図4のa～eのどれに相当するか、最も適切なものを①～⑤から1つ選べ。 ク

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e

(2) また、このときの静止張力と収縮張力の値として最も適切なものはどれか、①～⑤から1つずつ選べ。

静止張力： g 重

収縮張力： g 重

- ① 0 ② 10 ③ 20 ④ 30 ⑤ 40

問 8 図 6 はある筋長におけるサルコメアの微細構造を示す模式図である。

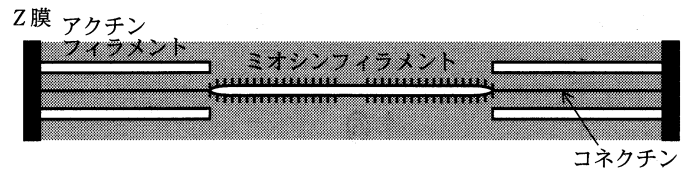


図 6

サルコメアが図 6 の状態にある筋長は、図 4 の a～e のどれに相当するか、筋長と収縮張力の関係を考慮に入れて①～⑤から1つ選べ。なお、図 6 の状態は、取り出された筋全体のサルコメアにおいても、同様であると仮定して答えよ。

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e

物 理

I にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字2桁で答えよ。セテトヌの解答は該当する解答欄から最も適当なものの一つ選べ。

- (1) 滑らかで水平な床の上に、左端が壁に固定されたばね定数 $k = 80 \text{ N/m}$ のばねが置かれている。ばねの右端に質量 50 g の物体を押し付け、ばねが自然長から 10 cm 縮んだ位置で手を離れた。物体がばねから離れた後の物体の運動エネルギーは アイ $\times 10^{-\text{ウ}}$ J であり、物体の速さは エオ m/s となる。
- (2) 温度 $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 、質量 100 g の水に対して、ヒーターで一定の割合で熱を加え、加熱時間と温度の関係を調べたところ図1のようになった。水の比熱を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とすると、単位時間あたりにヒーターの加える熱は カキ $\times 10^{\text{ク}}$ W であり、氷の比熱は ケコ $\text{J/(g}\cdot\text{K)}$ となる。また、氷の融解熱は サシ $\times 10^{\text{ス}}$ J/g である。

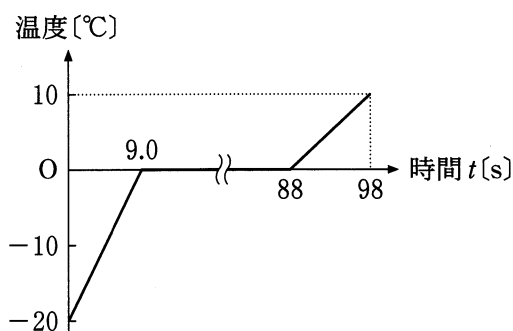


図1

- (3) 焦点距離 5.0 cm の凸レンズ前方 3.0 cm の位置に物体を置くと、レンズ セの ソタ cm の位置に倍率 チツ の テができる。また、凸レンズ前方 6.0 cm の位置に物体を置くと、レンズ トの ナニ cm の位置に ヌができる。

セト の解答欄

① 前方

② 後方

テヌ の解答欄

① 正立の実像

② 正立の虚像

③ 倒立の実像

④ 倒立の虚像

II にあてはまる最も適当な数字をマークすること。以下の問題には有効数字2桁で答えよ。

(1) 抵抗値 $R = 40 \Omega$ の抵抗と自己インダクタンス $L = 10 \text{ mH}$ のコイルを直列に電圧 $V = V_0 \sin \omega t$ の交流電源につないだ。ここで、 $V_0 = 20 \text{ V}$ 、角周波数 $\omega = 3.0 \times 10^3 \text{ rad/s}$ である。抵抗の両端の電圧の最大値は アイ V であり、コイルの両端の電圧の最大値は ウエ V となる。

(2) 波長 $2.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ の X 線がある結晶面に平行に入射させ、しだいに傾けていくと、回折角 $\theta = 16^\circ$ のときに最初の強い反射が起こった。 $\sin 16^\circ = 0.28$ とすると、結晶の原子配列面の間隔は オ . カ $\times 10^{-$ キク m である。さらに角度を大きくしていったとき、次に強い反射が起こるのは $\sin \theta = 0.$ ケコ のときである。

(3) ボーアの水素原子モデルにおいて、原子核から無限遠方の点を電子の位置エネルギーの基準とすると、水素原子内の電子の基底状態のエネルギーは -13.6 eV である。量子数 $n = 2$ の第1励起状態のエネルギーは $-$ サ . シ eV であり、 $n = 3$ の第2励起状態のエネルギーは $-$ ス . セ eV である。第2励起状態から第1励起状態への遷移で放出される光子のエネルギーは ソ . タ eV となる。

III にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし、 オ ~ サ , および ソ ~ テ については、最も適当な数値をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

地球からの万有引力を受けて、地表から高さ h の赤道上空を円運動している質量 M の人工衛星を考える。地表における重力加速度の大きさを g 、地球は密度が一律な半径 R の球とみなせるものとして、以下の問いに答えよ。

(a) 上空を周回している人工衛星にはたらく地球からの万有引力の大きさは ア $\times Mg$ 、人工衛星の速さ V_0 は イ $\times \sqrt{gR}$ であり、人工衛星が地球の周りを1周するのに要する時間は ウ $\times 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ と表わされる。

人工衛星にいる宇宙飛行士が観測する人工衛星内の物体には、外力がはたらいっていないように見える。これは、物体にはたらく地球からの万有引力と エ がつりあっているためである。

ア ~ ウ の解答群

- | | | |
|--|--------------------------|--|
| ① $\frac{h}{R+h}$ | ② $\frac{R}{R+h}$ | ③ $\frac{h^2}{(R+h)^2}$ |
| ④ $\frac{R^2}{(R+h)^2}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{h}{R+h}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{R}{R+h}}$ |
| ⑦ $\sqrt{\frac{R+h}{h}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{R+h}{R}}$ | ⑨ $\left(\frac{R+h}{h}\right)^{\frac{3}{2}}$ |
| ⑩ $\left(\frac{R+h}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$ | | |

エ の解答群

- | | | |
|-------------|------------|-------|
| ① 太陽からの万有引力 | ② 月からの万有引力 | ③ 復元力 |
| ④ 遠心力 | ⑤ 空気抵抗 | ⑥ 保存力 |
| ⑦ 垂直抗力 | ⑧ 大気圧 | ⑨ 浮力 |

(b) 上空を周回中の人工衛星内の定点を原点とする xy 平面上において、マジックテープがついた 2 つの小球 A と B の運動を考える。質量 m の小球 A が一定の速さ $3v$ で x 軸上を、質量 $4m$ の小球 B が一定の速さ v で y 軸上を、ともに原点に向かって移動している。ある時刻で 2 つの小球が原点において衝突し、一体となって xy 平面の第 1 象限内を運動したとする。衝突後の小球の速度の x 成分は $\frac{\text{オ}}{\text{カ}}v$ 、 y 成分は $\frac{\text{キ}}{\text{ク}}v$ であり、衝突前の 2 つの小球の重心の座標は、直線 $y = \frac{\text{ケ}}{\text{コ}}x$ 上で xy 平面の第 サ 象限内にある。また、小球の変形や回転運動は考慮しなくてよいものとする、衝突の前後で 2 つの小球の運動エネルギーの和は シ が、その理由は ス ためである。

シ の解答群

- | | |
|-------------|--------------------|
| ① 保存され一定である | ② 増加する |
| ③ 減少する | ④ 増加する場合も減少する場合もある |

ス の解答群

- | | |
|----------------------|------------------|
| ① 力学的エネルギーが保存する | ② 初期条件に依存する |
| ③ 衝突による力積が影響を及ぼす | ④ 作用・反作用の法則が成り立つ |
| ⑤ 2 つの小球が接近する | ⑥ 万有引力が保存力である |
| ⑦ マジックテープによって仕事になされる | |
| ⑧ 慣性の法則が成り立つ | |

(c) 周回中の人工衛星を円軌道の接線方向に加速したところ、人工衛星は地球の中心を焦点として地表からの高さが最大 $R + 2h$ である楕円軌道上を周回するようになった。

加速を行った直後の人工衛星の速さを V_1 、加速後に地表からの高さが最大となる瞬間の速さを V_2 とすると、 セ の第 ソ 法則により、 $V_2 = \frac{\text{タ}}{\text{チ}}V_1$ が成り立つ。

この関係式と、加速後における力学的エネルギーの保存則を用いると、速さ V_1 と加速前の人工衛星の速さ V_0 の間には、 $V_1^2 = \frac{\text{ツ}}{\text{テ}}V_0^2$ なる関係式が成り立つ。

セ の解答群

- | | | |
|---------|----------|--------|
| ① フック | ② ケプラー | ③ ボイル |
| ④ シャルル | ⑤ キルヒホッフ | ⑥ ポアソン |
| ⑦ アンペール | ⑧ ファラデー | ⑨ クーロン |

IV にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし、 ア , イ および サ , シ については、最も適当な数値をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。

図1のように、磁束密度の大きさが B で鉛直上向きの一様な磁場(磁界)の中で、二本の導体レールが水平面に間隔 l で平行に固定されている。質量 m の導体棒 PQ をレールに垂直にのせ、 PQ の重心に糸をつけて滑らかで軽い滑車を経て、質量 $2m$ のおもりをつり下げる。 PQ はレールと常に直交したまま動く。レールと糸は十分長く、運動の途中で糸がたるむことはないとする。また、レールと棒 PQ の間の摩擦および導体部分の電気抵抗は無視できる。重力加速度を g とする。

レールの左端 S, T の間に3種類の素子をつなぎ、スイッチで切り替える。最初に棒 PQ を静止させてから時刻 $t = 0$ で静かに手を離れた後の運動を考える。レール上で棒 PQ が動く方向に x 軸を取り、 $t = 0$ での位置を原点とする。

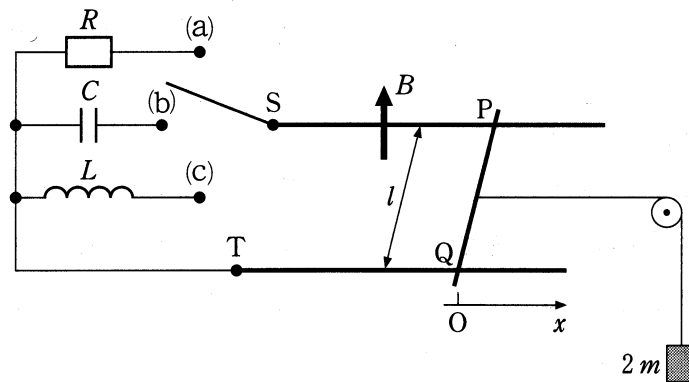


図1

(a) レールの左端 S, T 間に抵抗値 R の抵抗をつなぎ、棒 PQ から静かに手を離れた。手を離れた

瞬間の棒 PQ の加速度は $\frac{\text{ア}}{\text{イ}} g$ である。

じゅうぶん時間が経つと一定の速度 ウ で運動する。このとき抵抗を流れる電流は エ であり、誘導起電力の大きさは オ である。また、抵抗での消費電力は カ である。

ウ の解答群

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ① $\frac{B^2 l^2}{mgR}$ | ② $\frac{B^2 l^2}{2mgR}$ | ③ $\frac{B^2 l^2}{3mgR}$ |
| ④ $\frac{mgR}{B^2 l^2}$ | ⑤ $\frac{2mgR}{B^2 l^2}$ | ⑥ $\frac{3mgR}{B^2 l^2}$ |

エ ~ カ の解答群

- | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{mg}{Bl}$ | ② $\frac{2mg}{Bl}$ | ③ $\frac{4mg}{Bl}$ |
| ④ $\frac{mgR}{Bl}$ | ⑤ $\frac{2mgR}{Bl}$ | ⑥ $\frac{4mgR}{Bl}$ |
| ⑦ $\frac{m^2 g^2 R}{B^2 l^2}$ | ⑧ $\frac{2m^2 g^2 R}{B^2 l^2}$ | ⑨ $\frac{4m^2 g^2 R}{B^2 l^2}$ |

(b) レールの左端 S から抵抗を外して、電気容量 C のコンデンサーをつないだ後、棒 PQ から静かに手を離れた。最初コンデンサーの極板にたくわえられた電荷は 0 であった。

棒の速度が v のとき、コンデンサーの極板にたくわえられた電荷は キ v であり、微小な時間 Δt の間に速度が Δv だけ変化したとき、導体棒を流れる電流は ク $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ と表せる。したがって、棒は加速度 ケ で等加速度運動する。

キ , ク の解答群

- | | | |
|-----------------------|------------------|-----------------------|
| ① CBl | ② $CB^2 l^2$ | ③ $\frac{C}{Bl}$ |
| ④ $\frac{C}{B^2 l^2}$ | ⑤ $\frac{Bl}{C}$ | ⑥ $\frac{B^2 l^2}{C}$ |

ケ の解答群

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ① g | ② $2g$ | ③ $\frac{2}{3}g$ |
| ④ $\frac{mg}{m + CBl}$ | ⑤ $\frac{mg}{m + CB^2 l^2}$ | ⑥ $\frac{2mg}{3m + CBl}$ |
| ⑦ $\frac{2mg}{3m + CB^2 l^2}$ | ⑧ $\frac{2mg}{CBl}$ | ⑨ $\frac{2mg}{CB^2 l^2}$ |

(次のページに続く)

(c) レールの左端 S からコンデンサーを外して、自己インダクタンス L のコイルを接続した後、棒 PQ から静かに手を離れた。

微小な時間 Δt の間にコイルを流れる電流 I と棒の位置 x がそれぞれ ΔI , Δx だけ変化したとすると、 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \boxed{\text{コ}} \frac{\Delta x}{\Delta t}$ が成り立つ。 $t = 0$ で $I = 0$, $x = 0$ であることから、 $I = \boxed{\text{コ}} x$ が成り立つ。

PQ の加速度は $\frac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}} g - \boxed{\text{ス}} \frac{x}{m}$ となり、PQ は単振動することがわかる。振動の中心は $\boxed{\text{セ}}$ であり、角振動数を ω とすると $\omega^2 = \boxed{\text{ソ}}$ である。

$\boxed{\text{コ}}$ の解答群

- | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| ① BlL | ② $\frac{BlL}{2}$ | ③ $\frac{BlL}{3}$ |
| ④ $\frac{L}{Bl}$ | ⑤ $\frac{L}{2Bl}$ | ⑥ $\frac{L}{3Bl}$ |
| ⑦ $\frac{Bl}{L}$ | ⑧ $\frac{Bl}{2L}$ | ⑨ $\frac{Bl}{3L}$ |

$\boxed{\text{ス}}$ の解答群

- | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $B^2 l^2 L$ | ② $\frac{B^2 l^2 L}{2}$ | ③ $\frac{B^2 l^2 L}{3}$ |
| ④ $\frac{L}{B^2 l^2}$ | ⑤ $\frac{L}{2 B^2 l^2}$ | ⑥ $\frac{L}{3 B^2 l^2}$ |
| ⑦ $\frac{B^2 l^2}{L}$ | ⑧ $\frac{B^2 l^2}{2L}$ | ⑨ $\frac{B^2 l^2}{3L}$ |

$\boxed{\text{セ}}$ の解答群

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\frac{mgL}{B^2 l^2}$ | ② $\frac{2 mgL}{B^2 l^2}$ | ③ $\frac{3 mgL}{B^2 l^2}$ |
| ④ $\frac{B^2 l^2}{mgL}$ | ⑤ $\frac{B^2 l^2}{2 mgL}$ | ⑥ $\frac{B^2 l^2}{3 mgL}$ |

$\boxed{\text{ソ}}$ の解答群

- | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| ① $\frac{Bl}{3 mL}$ | ② $\frac{2 Bl}{3 mL}$ | ③ $\frac{Bl}{mL}$ |
| ④ $\frac{B^2 l^2}{3 mL}$ | ⑤ $\frac{2 B^2 l^2}{3 mL}$ | ⑥ $\frac{B^2 l^2}{mL}$ |

化 学

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例：解答欄が指数形式の場合、190、19、1.9、0.019は、各々

. ×10, . ×10, . ×10,
 . ×10⁻ と解答せよ。

：解答欄が2桁の場合、7は , 17は と解答せよ。

：解答欄が3桁の場合、7は , 17は ,
 107は と解答せよ。

必要であれば、原子量、定数は以下の値を使用すること。

原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0

気体定数 : $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

I 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 下表の情報を用いて、以下の物質を融点の高い順に並べよ。

(1) ① BaO ② CaO ③ MgO > >

(2) ① CaO ② NaF >

	イオン半径 (pm)	電気陰性度	原子量
Mg ²⁺	72	1.2	24.3
Ca ²⁺	100	1.0	40.1
Ba ²⁺	136	0.9	137.3
Na ⁺	102	0.9	23.0
O ²⁻	140	3.5	16.0
Cl ⁻	181	3.0	35.5
F ⁻	133	4.0	19.0

問 2 温度 20 °C, 圧力 1.0×10^5 Pa のもとで, 酸素は水 1.0 L に対して 1.39×10^{-3} mol 溶ける。

20 °C, 5.0×10^5 Pa の条件下に, 体積の割合で, 窒素 80 %, 酸素 20 % の混合気体が水に接しているとき,

この水 1.0 L に溶解している酸素の質量は何 mg か。小数点以下は四捨五入して整数で答えよ。

mg

問 3 エテン(C_2H_4)への水素の付加反応によりエタン(C_2H_6)が生成する。この反応の反応熱は 137 kJ/mol である。炭素-炭素二重結合(C=C)の結合エネルギーを求めよ。ただし, H-H 結合の結合エネルギーを 436 kJ/mol, C-H 結合の結合エネルギーを 412 kJ/mol, C-C 結合の結合エネルギーを 348 kJ/mol とする。小数点以下は四捨五入して整数で答えよ。

kJ/mol

問 4 次の①~⑤に示した酸と塩基の中和滴定において, メチルオレンジを指示薬として使用できる組み合わせをすべて選べ。

	酸	塩基
①	塩酸	水酸化カリウム
②	塩酸	アンモニア
③	シュウ酸	水酸化カリウム
④	シュウ酸	アンモニア
⑤	酢酸	水酸化ナトリウム

問 5 反応 $A \rightarrow B$ の反応速度定数を求めたい。初濃度 $16 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の反応物 A を用いて反応を行ない、時間とともに生成する生成物 B の濃度を測定した。その結果を下表に示した。

反応時間 (秒)	生成物濃度 ($\times 10^{-3} \text{ mol/L}$)
0	0.0
10	4.0
20	7.0
40	11.0
60	13.2

反応 $A \rightarrow B$ の反応速度 v は、 A の濃度 $[A]$ と反応速度定数 k を用いて、

$$v = k[A]$$

と表される。上記の結果より反応速度定数を、有効数字2桁で求めよ。ただし、解答欄の

は符号とし、+の時は①を、-の時は②をマークせよ。

$$\text{シ} . \text{ス} \times 10^{\text{セ} \text{ソ}} / \text{s}$$

II 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 以下の文章で説明される元素として最も適当なものを下の①~⑨より1つずつ選べ。

(1) 多くの金属と合金を作りやすい。かつて、アセトアルデヒドを合成するための触媒として用いられ、公害の原因となった。

(2) 天然には単体として存在しない。結晶状態の異なる同素体が存在し、加熱により一方から他方へ変化する。

(3) 加熱すると、強い光を放って燃焼する。同族元素とは性質が異なる点が多い。

(4) 空気中では緻密な酸化被膜を作るので不動態となりやすい。酸化数+3が最も安定な状態である。

- ① Cu ② Mg ③ P ④ S ⑤ Ca
⑥ Cr ⑦ Fe ⑧ Cd ⑨ Hg

問 2 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ag^+ を含む溶液がある。これに希塩酸を加え、生成した沈殿(a)をろ過して除去した。このろ液に硫化水素を通じたところ沈殿(b)が生じた。沈殿(a)、(b)に沈殿として分離されたイオンはそれぞれ何か。下の①~⑤よりすべて選べ。

沈殿(a) 沈殿(b)

- ① Al^{3+} ② Fe^{3+} ③ Cu^{2+} ④ Zn^{2+} ⑤ Ag^+

問 3 以下の文はハロゲンとその化合物について記述したものである。(1)~(5)のそれぞれに当てはまる元素を、下の①~④より1つずつ選べ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

(1) 単体は常温で赤褐色の液体であり、刺激臭のある有毒な蒸気を出す。

(2) 水素化合物は弱酸である。

(3) 単体の結晶は常温常圧で加熱すると昇華して紫色の蒸気となる。

(4) 単体は常温で野菜の黄緑色の気体であり、この水溶液には強い殺菌・漂白作用がある。

(5) ハロゲンの単体の中で最も沸点が低い。

① フッ素 ② 塩素 ③ 臭素 ④ ヨウ素

問 4 デンプンに関する記述として正しいものを下の①~⑦よりすべて選べ。

- ① 冷水によく溶ける。
- ② β -シート構造をとる。
- ③ フェーリング液を還元する。
- ④ 植物の細胞壁の主成分である。
- ⑤ ヨウ素溶液を加えると青~青紫色を呈する。
- ⑥ アミロースとアミロペクチンで構成されている。
- ⑦ カタラーゼを作用させると分解されてグルコースとなる。

問 5 下の①~⑥の糖のうち、銀鏡反応を示さないものを1つ選べ。

① ガラクトース ② グルコース ③ スクロース
④ フルクトース ⑤ マルトース ⑥ ラクトース

問 6 以下の文章の空欄に当てはまる最も適切な語を下の①~③より選べ。

(1) ナイロン6は ϵ -カプロラクタムの によって合成される。

(2) ポリエチレンテレフタレートはエチレングリコールとテレフタル酸の で合成される。

① 縮合重合 ② 開環重合 ③ 付加重合

Ⅲ 以下の文章を読み、問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 有機化合物の組成式は元素分析により求めることができる。また、別の方法で測定した分子量と合わせることで、分子式を決定することが可能である。

(1) 化合物にどのような元素が含まれているか、実験により知ることができる。A~Dの実験で検出できる元素は何か。下の①~⑩より1つずつ選べ。

A 試料に単体のナトリウムの小片を加え、加熱し融解させる。これを水に溶解し、酢酸を加えて中和してから酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生成した。

B 試料に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、発生した気体に濃塩酸を近づけると白煙が生じた。

C 黒く焼いた銅線の先に試料をつけて高温の炎の中に入れて加熱すると青緑色の炎色反応が見られた。

D 図1のように、試験管に試料と乾燥した酸化銅(Ⅱ)を加えて加熱した。

(a) 発生したガスを石灰水に通したところ、白濁または白色沈殿が形成した。

(b) 試験管の口付近にある無水硫酸銅(Ⅱ)が白色から青色に変化した。

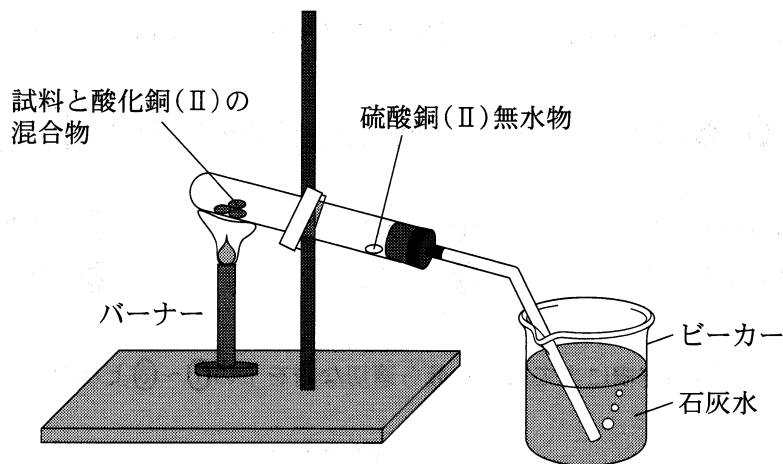
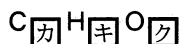


図 1

- | | | | | |
|-----|-----|------|------|------|
| ① C | ② H | ③ O | ④ Cl | ⑤ N |
| ⑥ S | ⑦ F | ⑧ Na | ⑨ K | ⑩ Ca |

- (2) 有機化合物 X の元素分析の結果は、質量百分率で、炭素 31.9 %、水素 4.0 %、酸素 64.1 % であった。この有機化合物の組成式中の \square カ \square キ \square ク に適当な数字を入れよ。



- (3) 有機化合物 X の分子量を測定したところ 150 であった。分子式中の \square ケ \square コ \square サ に適当な数字を入れよ。



問 2 有機化合物には異性体が多く存在するため、分子式のみでは化合物を特定できない。特定するためには、官能基の性質をしらべ、構造式を決定することが必要である。

どれも同じ分子式 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ で表され、環状構造をもたない液体の化合物 A, B, C がある。化合物 A, B, C を特定するために以下の実験を行った。

【実験 1】

化合物 A を酸化した。

→結果 1 $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ で表される化合物 D が得られた。化合物 D は、直鎖状のカルボン酸であり、これと同じ分子式で表されるカルボン酸は、化合物 D 以外に 1 種類だけある。

【実験 2】

十分に乾いた試験管 3 本を準備し、それぞれに化合物 A, B, C を入れた。そこに単体のナトリウムの小片を 1 つずつ加えて反応の様子を観察した。

→結果 2 化合物 A と C では気体が発生したが、化合物 B では気体は発生しなかった。

【実験 3】

3 本の試験管にそれぞれ化合物 A, B, C の水溶液を入れ、そこにヨウ素溶液と水酸化ナトリウム水溶液を加えた。それぞれの試験管を沸騰させた熱水につけ、内容物を観察した。

→結果 3 化合物 A, B では変化がなかったが、化合物 C ではヨウ素の色が消え、黄色い沈殿が生じた。

(1) 化合物 A~C の分子式 ($C_nH_{2n+2}O$) および化合物 D の分子式 ($C_nH_{2n}O_2$) 中にある n には同じ数字が入る。あてはまる数字は何か。適当な数字をマークせよ。

(2) 実験 1 の酸化反応に用いられる化合物を下の①~⑧より 2 つ選べ。

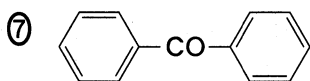
- ① $ZnSO_4$ ② $SnCl_2$ ③ $KMnO_4$ ④ Na_2SO_3
⑤ $K_2Cr_2O_7$ ⑥ $CaCl_2$ ⑦ $FeSO_4$ ⑧ $NaOH$

(3) 実験 2 で発生した気体は何か。下の①~⑧より 1 つ選べ。

- ① H_2 ② O_2 ③ CO ④ CO_2
⑤ CH_4 ⑥ C_2H_2 ⑦ C_2H_4 ⑧ C_2H_6

(4) 実験 3 と同じ操作を行った場合、化合物 C と同じく黄色の沈殿を形成するものを下の①~⑦よりすべて選べ。

- ① CH_3COOH ② $CH_3-CO-CH_3$
③ $CH_3-CH(OH)-CH_2-COOH$ ④ $C_2H_5-CH(OH)-C_3H_7$



(5) 化合物 A~C を沸点の高い順に並べたものはどれか。下の①~⑥より適当なものを選べ。

- ① 化合物 A > 化合物 B > 化合物 C
② 化合物 A > 化合物 C > 化合物 B
③ 化合物 B > 化合物 A > 化合物 C
④ 化合物 B > 化合物 C > 化合物 A
⑤ 化合物 C > 化合物 A > 化合物 B
⑥ 化合物 C > 化合物 B > 化合物 A

(6) 化合物 A と D を混合し、少量の濃硫酸を加えて熱したところ化合物 E を得た。化合物 E の性質に関する記述として正しいものを下の①～⑥より 2 つ選べ。 チ

- ① 水より重い。
- ② 水によく溶ける。
- ③ 水溶液は酸性を示す。
- ④ 果物のような芳香がする。
- ⑤ オゾン分解によりケトン(またはアルデヒド)ができる。
- ⑥ 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、けん化される。

IV 以下の問に答えよ。〔解答欄 ~ 〕

問 1 理想気体に関する記述として正しいものを下の①~⑥よりすべて選べ。

- ① 状態変化しない。
- ② 分子間力が存在しない。
- ③ 分子自体の質量がない。
- ④ 分子自体の体積がない。
- ⑤ 分子は熱運動を行わない。
- ⑥ 温度と圧力が一定ならば、同一体積に同数の分子が含まれる。

問 2 ある気体 1 mol あたりの体積 (V_m) と理想気体 1 mol あたりの体積 ($V_{m \text{ 理想気体}}$) の比 ($V_m/V_{m \text{ 理想気体}}$) を圧縮率因子 (Z) と呼ぶ。図 2 は、温度一定のもと、気体の圧力と Z の関係を示している。

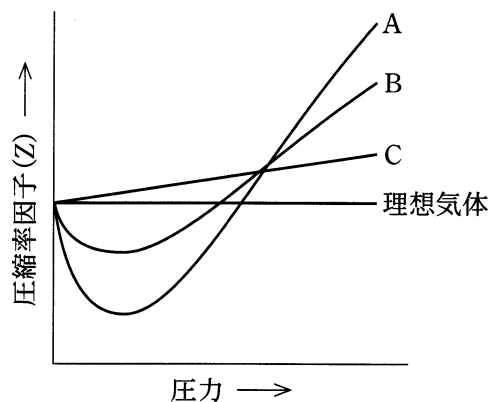


図 2

(1) 曲線 A, B, C はそれぞれ以下のどの気体のものか。最も適当なものを下の①~③より 1 つずつ選べ。

A B C

- ① ヘリウム
- ② メタン
- ③ アンモニア

(2) 圧力が低い領域では、曲線 A, B は理想気体よりも小さな値をとる。このようになる原因が直接関係している現象として最も適切なものを下の①~⑥より選べ。

- ① イオン化傾向
- ② 凝縮
- ③ 浸透
- ④ チンダル現象
- ⑤ 電気伝導性
- ⑥ ブラウン運動

問 3 図 3 のグラフは、二酸化炭素の体積と圧力の関係を、 $T_1 \sim T_3$ の 3 つの温度で示したものである。ただし、 $T_1 \sim T_3$ は、273 K より高い温度である。

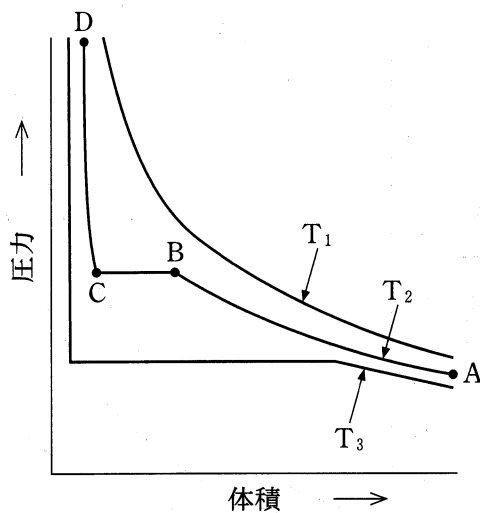


図 3

(1) $T_1 \sim T_3$ のうち最も温度が高いのはどれか。下の①～③より選べ。 カ

① T_1

② T_2

③ T_3

(2) 温度 T_2 で、A の状態から体積を小さくしていくと、圧力は $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ と変化した。

$B \rightarrow C$ の間ではどのような状態変化が生じたか。下の①～⑥より 1 つ選べ。 キ

① 固体から液体

② 液体から固体

③ 液体から気体

④ 気体から液体

⑤ 固体から気体

⑥ 気体から固体

問 4 3種類の物質 X, Y, Z が気液平衡の状態にある。図 4 はこのときの気体の温度と圧力の関係を示している。

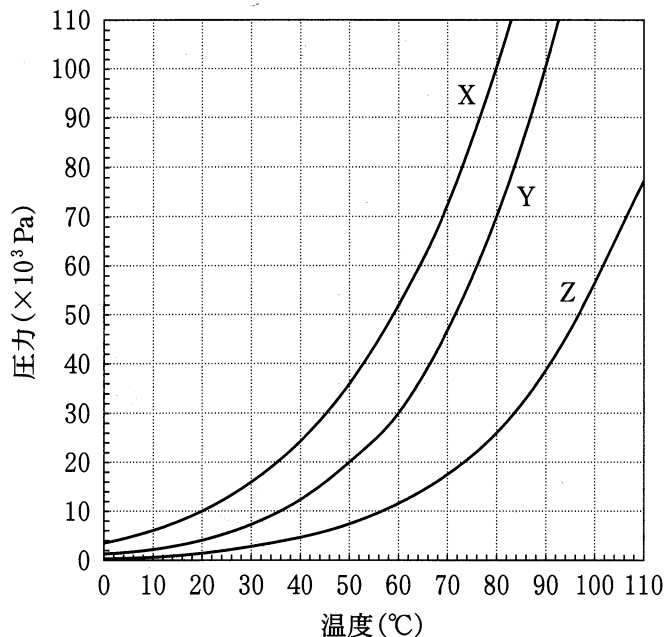


図 4

(1) 物質 X, Y, Z の中で分子間力が最も大きいものはどれか。下の①~③より選べ。

ク

① X

② Y

③ Z

(2) 物質 Y 0.30 mol と窒素 0.70 mol の混合気体を、容積が自由に変化する密閉容器に入れた。容器内の圧力を 1.0×10^5 Pa に保ったまま、容器内の温度を 100°C から冷却した。この時の容器内の気液平衡に関する以下の問に答えよ。ただし、Y と窒素は反応せず、窒素は液体 Y に溶けない。また、液体 Y の体積は無視してよい。

(i) 物質 Y が液体となり始める温度は何 $^\circ\text{C}$ か。

ケ

コ

$^\circ\text{C}$

(ii) 容器内の温度が 50°C に達した時、物質 Y は何 mol が液体となるか。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、解答欄の は符号とし、+ の時は①を、- の時は②をマークせよ。

$\times 10^{\text{ズ}} \text{セ}$

mol

(iii) (ii)の時、混合気体の体積を求めよ。

L